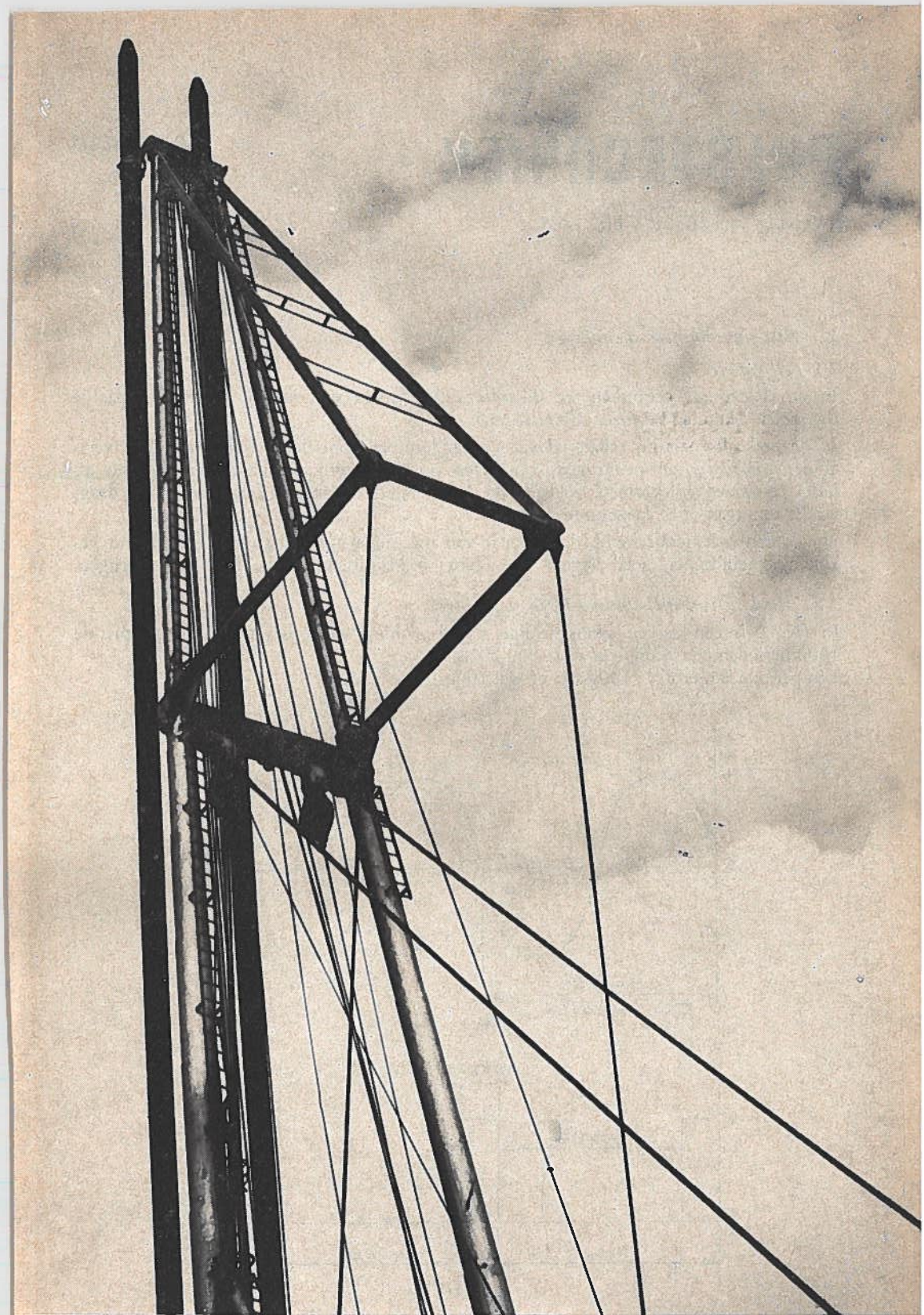


OKTOBER 1974 [redacted]

PULSTECHNIEK

B. KIEBOOM

(Vervolg van „Radar", blz. 186)

2. *Niet-sinusvormige spanningen*

2.1 *Algemeen*

In de elektronica gebruiken we dikwijls sinusvormige spanningen, teneinde bepaalde theorieën te kunnen bewijzen of verklaren.

In de praktijk zoals bij radar, televisie en andere elektronische technieken komen veelal *niet-sinusvormige* spanningen voor. Deze niet-sinusvormige spanningen hebben allerlei complexe golfvormen, zoals bijvoorbeeld allerlei korte of lange impulsen, zaagtandspanningen of blokspanning.

Het is dan ook noodzakelijk de opbouw van niet-sinusvormige spanningen te gaan bekijken, teneinde een goed begrip van allerlei elektronische schakelingen te verkrijgen.

2.2 *Analyse van niet-sinusvormige spanningen*

In fig. 1 is een zuivere sinusvormige wisselspanning te zien, waarvan de frequentie 1000 perioden per seconde of wel 1000 Hz is.
Eén periode is hierbij 1/1000 sec. of wel 1000 μsec.

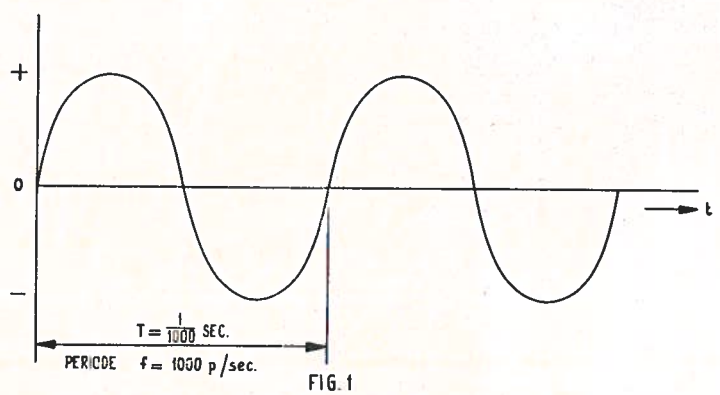


FIG. 1

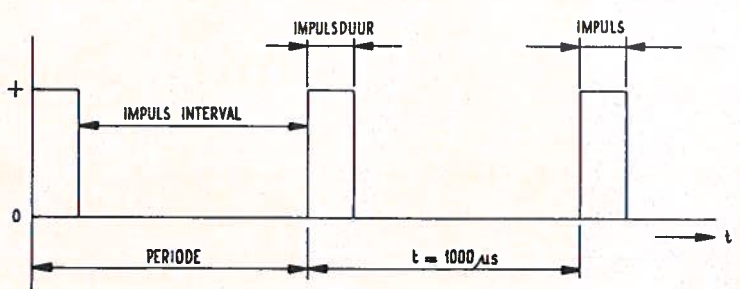


FIG. 2

In fig. 2 is een *niet-sinusvormige* wisselspanning te zien die bekent staat als een impulsherhalings-frequentie. Wanneer deze impulsvormige spanningen periodiek terugkeren dan kennen we aan deze niet-sinusvormige spanningen een frequentie toe.
Ook in fig. 2 is de frequentie 1000 perioden per seconde of wel 1000 Hz. We zeggen ook wel de impulsherhalingsfrequentie IHF = 1000.

In dit gegeven voorbeeld is

a.	de frequentie	1000 Hz
b.	de impulsherhalingsfrequentie IHF =	1000
c.	één periode	1000 μsec.
d.	de impulslengte	125 μsec. = 1/8 × 1000 μsec.
e.	de impulspauze	875 μsec. = 7/8 × 1000 μsec.

In fig. 2 is voor impulslengte aangegeven impulsduur ofwel impuls, hetgeen hetzelfde betekent. In de praktijk komt de uitdrukking impuls het meeste voor. Evenzo is in fig. 2 voor impulspauze de uitdrukking impulsinterval gebruikt. De eerste term komt het meeste voor.

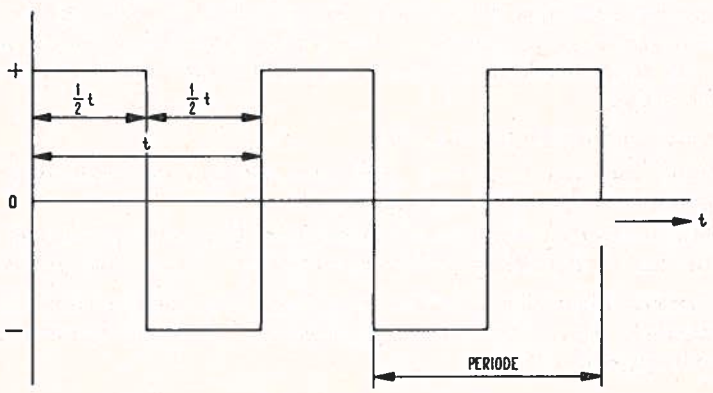


FIG. 3

In fig. 3 is een *symmetrische blokspanning* ofwel *vierkante golf* getekend met een frequentie van 1000 perioden per seconde.

In dit voorbeeld is:

a.	de frequentie	1000 Hz
b.	één periode	1000 μsec.
c.	positieve blokspanning	500 μsec.
d.	negatieve blokspanning	500 μsec.

en dus geen impulsherhalingsfrequentie, impulslengte of impulspauze. Indien bijv. de negatieve helft geëlimineerd wordt, komen deze laatste termen wel voor. In feite keren we dan terug naar fig. 2 met een andere impulslengte en impulspauze.

In fig. 4 is een *aysmmetrische blokgolf* of *rechthoekspanning* van eveneens 1000 perioden per seconde getekend.

a.	de frequentie	1000 Hz
b.	één periode	1000 μsec.
c.	positieve blokspanning	250 μsec.
d.	negatieve blokspanning	750 μsec.

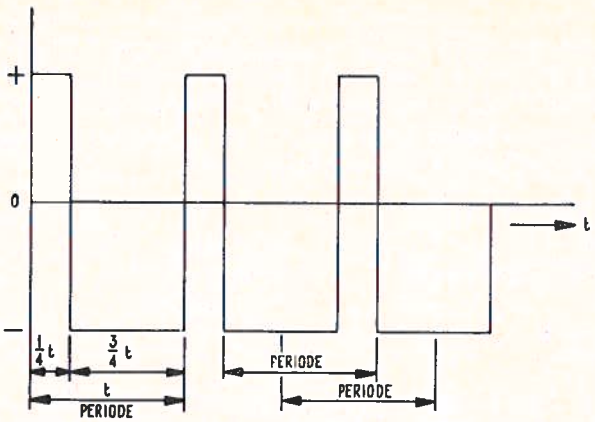


FIG. 4

Opgemerkt wordt dat een periode op elk willekeurig tijdstip kan beginnen. In fig. 4 zijn enkele voorbeelden getekend, die ook gelden voor de andere besproken figuren. Gaan we deze impulsvormige spanningen nader bekijken, dan gaan we er van uit dat al deze spanningen als de algebraïsche som van een groot aantal zuiver sinusvormige spanningen met verschillende frequenties en amplituden zijn te beschouwen. Men noemt dit de *Fourier analyse.*

Hierbij gaan we van een paar afspraken uit.

a. De sinusgolf met een frequentie, gelijk aan die van de beschouwde periodieke spanning wordt de *grondfrequentie* genoemd.
b. De andere sinusgolven worden hiervan afgeleid. Deze sinusgolven met een hogere frequentie dan de grondfrequentie worden *hogere harmonischen* genoemd.

De hogere harmonischen zijn *altijd* een *geheel veelvoud* van de grondfrequentie. De tweede harmonische is tweemaal de grondfrequentie. De derde harmonische is driemaal de grondfrequentie, enz.

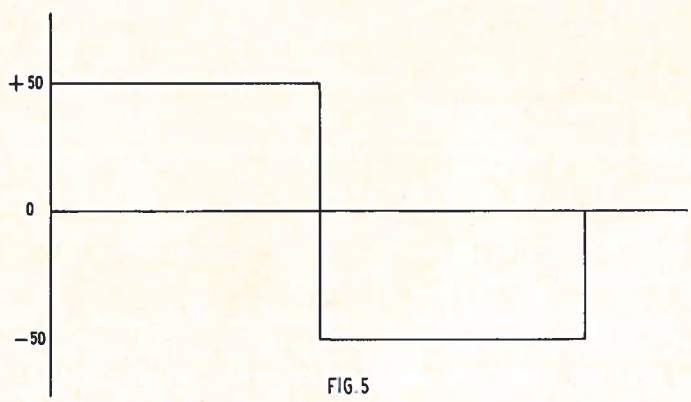


FIG. 5

In fig. 5 is een symmetrische blokspanning weergegeven. Zo'n blokspanning is wel zeer ideaal getekend, d.w.z. het gehele blok is overal met rechte lijnen getekend.
Met een aantal sinusspanningen volgens een bepaalde harmonische analyse samengesteld kan zo'n blokspanning aardig benaderd worden.
We beginnen daartoe met een wisselspanning die dezelfde frequentie heeft als de bedoelde symmetrische blokspanning.

Het is wiskundig te bewijzen, hetgeen wij hier zullen nalaten, dat de amplitude van de wisselspanning ongeveer 1,3 maal de amplitude van de blokspanning moet zijn.
Om tot de bewuste symmetrische blokspanning te komen moet bij deze wisselspanning de *oneven-harmonische* van deze golf worden opgeteld. Hoe meer oneven-harmonischen we bij deze grondgolf optellen des te meer benaderen we de symmetrische blokspanning.

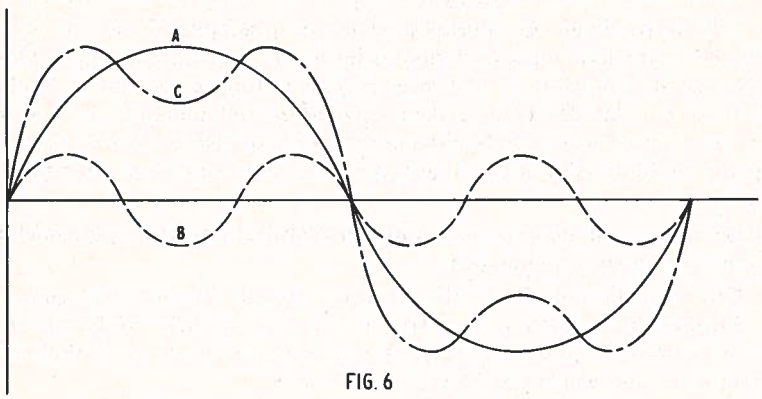


FIG. 6

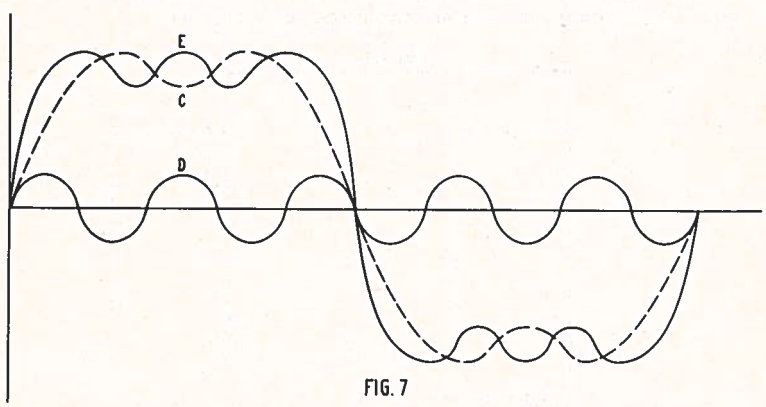


FIG. 7

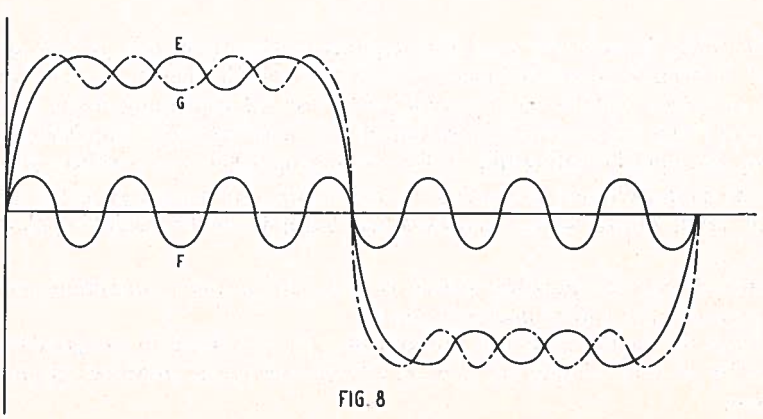


FIG. 8

In fig. 6 is de resultante C samengesteld uit de grondfrequentie en de derde harmonische B. De amplitude van de *derde* harmonische moet hierbij *1/3* van de grondgolf zijn.

In fig. 7 is de resultante E samengesteld uit de grondfrequentie met de derde en vijfde harmonische, ofwel de resultante C met de vijfde harmonische D. De amplitude van deze *vijfde* harmonische is *1/5* van de grondfrequentie. Hierbij is al op te merken dat de resultante E al meer afgeplatte toppen en steilere flanken heeft.

In fig. 8 is de resultante G samengesteld uit de resultante E met de 7e harmonische. De amplitude van deze *zevende* harmonische is *1/7* van de grondgolf. Ook hier is op te merken dat de resultante G nog meer afgeplatte toppen en steilere flanken bezit.
Het blijkt hieruit dat de eerder gedane opmerking wel uitkomt, nl. hoe meer harmonischen des te meer wordt de blokspanning benaderd. Deze theorie levert ons veel gemak op bij de studie van schakelingen die deze blokspanningen moeten doorgeven of versterken.

De scherpe hoeken en steile flanken van een blokspanning zijn voornamelijk te danken aan de oneven hogere harmonischen.

Indien een schakeling deze scherpe hoeken afrondt, kunnen we aannemen dat de hogere harmonischen ofwel hogere frequenties niet, of niet voldoende worden doorgelaten of versterkt. Vooral bij versterkerschakelingen heeft men veel interesse voor deze frequenties die wel in de MHz kunnen lopen.

In de radartechniek bestaan veel blokspanningen uit korte impulsen, gescheiden door relatief grote impulsintervallen ofwel impulspauzes (fig. 9).

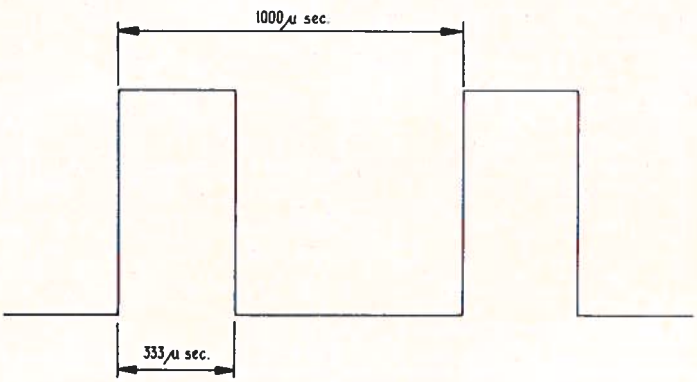


FIG. 9

De wiskundige benadering van deze impulsherhalingsfrequentie is ingewikkelder dan die van de symmetrische blokspanning, zodat we zonder bewijs moeten aannemen dat buiten een groot aantal hogere harmonischen een gelijkspanning nodig is, waarvan de grootte 1/3 van de gewenste impulsamplitude moet zijn. De impulsduur in fig. 9 is 1/3 van de impulsherhalingstijd, welke we hier op 1000 μsec. hebben gesteld.

Buiten de besproken gelijkspanning is nog nodig een grondfrequentie van 1000 Hz met een groot aantal hogere harmonischen teneinde de bedoelde impulsvorm te verkrijgen.

De amplitude van de grondfrequentie is 2/3 van de impulsamplitude en die van de 2e harmonische 1/3 van de impulsamplitude.
Indien men tot ongeveer de 15e harmonische gaat (15 KHz in dit geval), in de juiste fase en met de juiste amplitude, dan zal dit een zeer goede rechthoekige impuls kunnen opleveren.

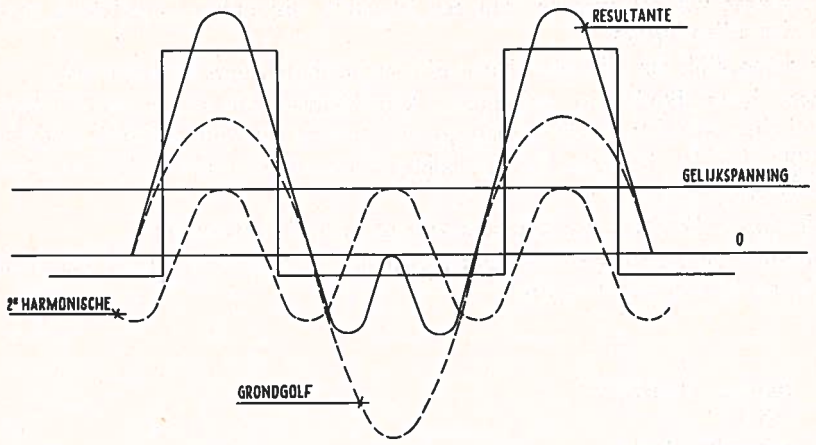


FIG. 10

Een algemene stelregel is dat:
het benodigd aantal harmonischen is omgekeerd evenredig met de impulsduur.
Dit houdt in, dat smalle impulsen een groot aantal harmonischen bevatten en brede impulsen een klein aantal harmonischen.

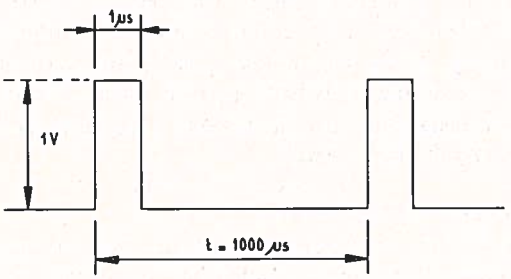


FIG. 11

In fig. 11 is een impulsreeks voorgesteld waarvan de IHF 1000 Hz is. Hierbij is de impuls 1 μsec. en de impulspauze 999 μsec.
Volgens de hierboven aangegeven algemene stelregel zal de hoogste frequentie die de impuls moet bevatten 1 MHz zijn.
Hoe komen we daaraan? Namelijk:

1/1 impulsduur in μsec. = X. uitgedrukt in MHZ. ofwel 1/1 μsec. = 1 MHz.

1 MHz is de 1000e harmonische van een grondfrequentie die 1000 perioden per seconde bedraagt. De impuls moet derhalve 1000 harmonischen bevatten.
In fig. 12 willen we duidelijk maken, dat deze korte impulsen een zeer groot aantal harmonischen bevatten. Daartoe is van elke harmonische een punt te vinden dat wordt aangegeven:

horizontaal met de bijbehorende frequentie en
verticaal door de top van de amplitude die bij deze frequentie behoort.

Al deze gevonden punten zijn in fig. 12 met een lijn doorverbonden die een vloeiende kromme te zien geeft.

Deze kromme voldoet eveneens aan een bepaalde wiskundige vergelijking waarop we niet verder zullen ingaan.

Het is onmogelijk om alle 1000 harmonischen in de tekening te laten zien.

Wanneer de amplitude van de impuls 1 Volt bedraagt, moeten de amplituden van de harmonischen waarden bereiken zoals fig. 12 met de vloeiende kromme aangeeft.

Het blijkt dan dat de 1000e tot de 2000e harmonischen 180° in fase verschoven zijn met de lagere harmonischen.

Ook de oppervlakte kan een kenmerk zijn of er veel vervorming is.

De grootste bestreken oppervlakte ligt tussen de 1000 Hz en 1 MHz, waarin de eerste 1000 harmonischen zich bevinden.

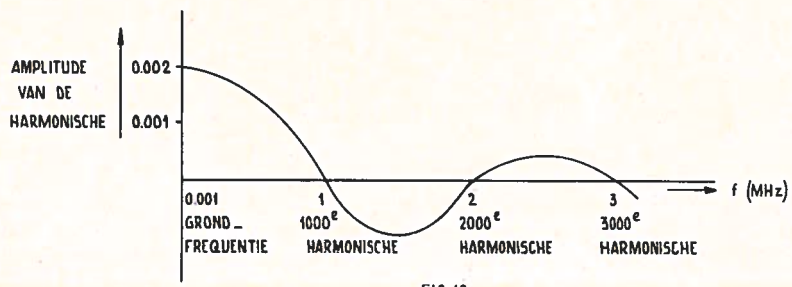


FIG. 12

Een schakeling welke alle frequenties tussen 1000 Hz en 1 MHz op deze wijze doorlaat zal de impulsen getekend in fig. 11 met weinig vervorming doorgeven.

Op gelijke wijze laat fig. 13 en fig. 14 zien dat bij het verdubbelen van de impulslengte de amplitude van de harmonischen reeds bij een 0,5 MHz tot nul daalt.

De stelregel, hiervoor behandeld, dat de hoogste frequentie die de impuls moet bevatten, gelijk is aan 1 impulslengte, ofwel

$$1/2\ \mu\text{sec.} = 0{,}5\ \text{MHz}$$

en dit is de 500e harmonische van 1000 Hz.

Het bewijst daarmee dat de eerste 500 harmonischen voor de impulsvorming even belangrijk zijn als de eerste 1000 voor de impuls uit de vorige figuren van 1 μsec.

Aldus bestaat er een bepaald verband tussen
— de impulsduur en
— de hoogste frequenties
welke een schakeling moet kunnen doorlaten.

De impulsherhalingsfrequentie doet hier niet ter zake, omdat deze niets te maken heeft met de frequentie van de harmonischen in de impuls.

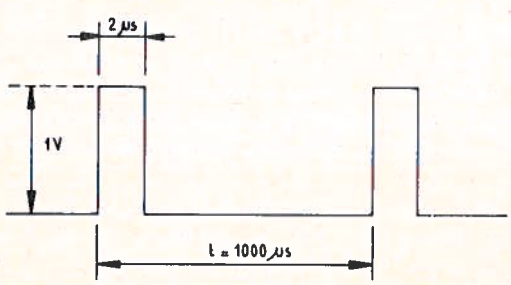


FIG. 13

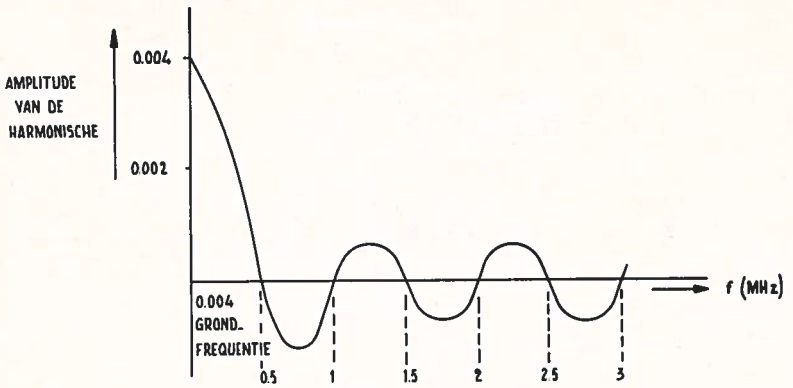


FIG. 14

Opmerking

Doordat verscheidene van de lagere harmonischen verwijderd kunnen worden zonder dat de impulsvorm ernstig wordt benadeeld, kan een versterker voor impulsen van 1 μsec. een frequentiekarakteristiek hebben van bijv. 10 kHz tot ongeveer 1 MHz.

2.3 *Zaagtandspanningen*

Ook zgn. zaagtandspanningen kunnen uit sinusvormige spanningen worden opgebouwd. Enkele voorbeelden daarvan zijn weergegeven in fig. 15 en 16.

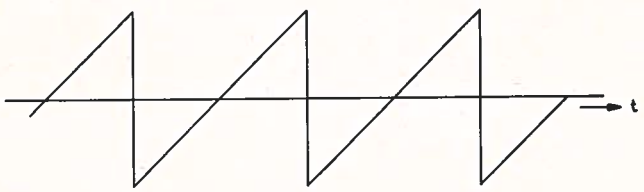


FIG. 15

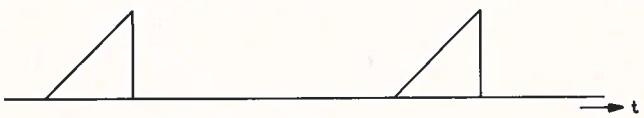


FIG. 16

Ook hierin zijn perioden aan te geven zoals bijv. in fig. 15 vanaf de verticale nuldoorgang tot de volgende verticale nuldoorgang is één periode.

In fig. 16 kan eveneens de verticale nuldoorgangen worden aangehouden om één periode aan te geven. Noodzakelijk is het niet. In beide figuren kan worden gekozen voor de nuldoorgang van de schuine lijn, ook dan ontstaat één periode, enz.

Wordt een korte zaagtandspanning gevraagd dan moet de schakeling die deze moet verwerken een tweemaal zo grote bandbreedte hebben dan een vergelijkbare rechthoekige impuls van dezelfde tijdsduur.

Elke zaagtandspanning bevat zowel even als oneven harmonischen.

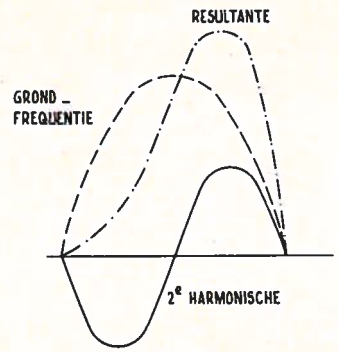


FIG.17

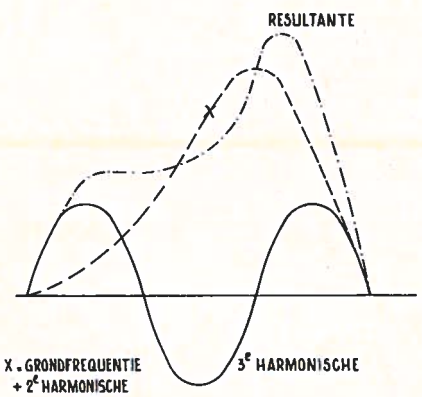


FIG.18

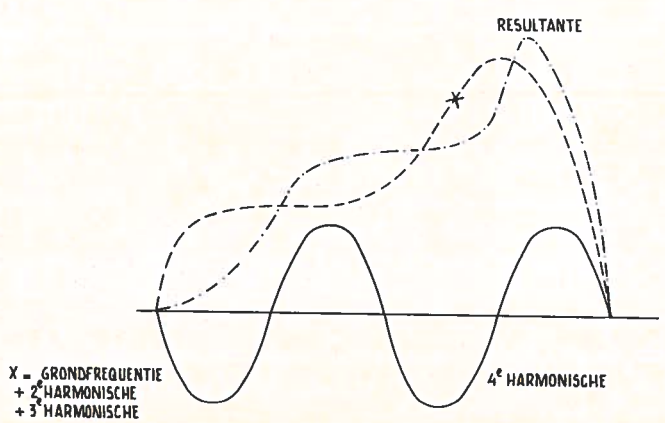


FIG. 19

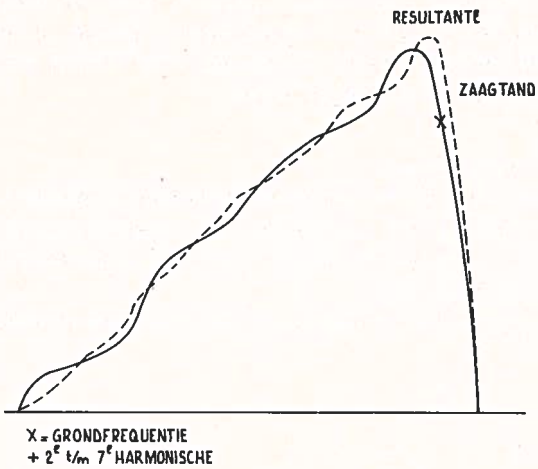


FIG 20

In fig. 17 t/m 20 wordt aangetoond hoe een zaagtandspanning t/m de 7e harmonische is te verklaren.

Fig. 17. De resultante is de samenstelling (de som) van de grondfrequentie met de 2e harmonische.

Fig. 18. De resultante is de samenstelling van de grondfrequentie + de 2e en de 3e harmonische.

Fig. 19. De resultante is hier de samenstelling van de 1e + 2e + 3e + 4e harmonische.

Fig. 20. Na een aantal harmonischen te hebben overgeslagen is hier de resultante de samenstelling van de grondfrequentie (1e) + 2e + 3e + 4e + 5e + 6e + 7e harmonische.

Hier wordt de zaagtandspanning vrij aardig benaderd. Het is duidelijk, dat bij meer lagere harmonischen een goede zaagtandspanning steeds meer benaderd wordt.

2.4 *Stijg- en afvaltijd*

Uit het voorgaande is gebleken dat een blokspanning, zaagtandspanning, impuls e.d. is opgebouwd uit een grondgolf met diverse hogere harmonischen. De benadering van zo'n zuivere spanning hangt af van:

a. hun relatieve amplituden
b. de fase-verhoudingen.

In het algemeen geldt:

hoe steiler de flanken van de gevraagde spanningsvorm des te meer hoge harmonischen zijn er in aanwezig.

Elke schakeling welke zo'n complexe spanning zonder vormverandering moet doorgeven of versterken moet aan de volgende eisen voldoen.

1e Zonder fasevervorming moeten alle frequenties worden doorgelaten.
2e De onderlinge faseverhoudingen moeten dezelfde blijven.
3e De onderlinge amplitudeverhoudingen moeten dezelfde blijven, opdat geen lineaire vervorming optreedt.

Een ideale blokspanning heeft loodrechte flanken, en bevat een *oneindig* aantal hogere harmonischen. In de praktijk zorgen condensatoren, spoelen, transistors, buizen e.d. ervoor dat deze ideale toestand zonder vervorming nooit bereikt wordt.

De hoogste harmonischen zijn hiervan de dupe.

Het gevolg is dat:

a. de flanken minder steil worden
b. aan de voet en aan de top van een flank afrondingen optreden.

Hierdoor bereikt een impuls niet onmiddellijk zijn maximale waarde. Dit niet onmiddellijk bereiken kost tijd, die we de *stijgtijd* noemen. In de afrondingen laat men een bepaalde tolerantie toe, veelal 0,1.

Fig. 21 laat de ideale situatie zien, terwijl fig. 22 de impuls met afrondingen en stijgtijd te zien geeft.

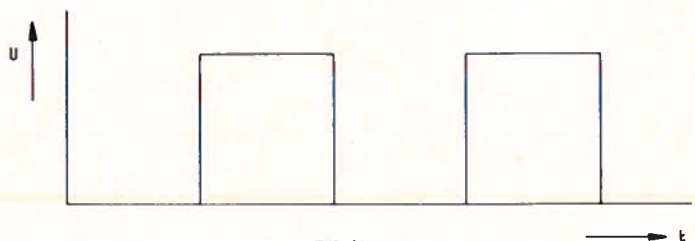


FIG. 21

De stijgtijd begint na de eerste afronding aan de voet van de stijgende flank en eindigt aan het begin van de tweede afronding aan het einde van de stijgende flank.

Het omgekeerde is het geval met de afvaltijd. Beide zijn in fig. 22 aangegeven.

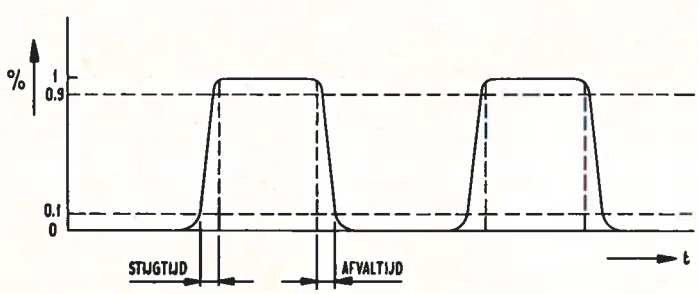


FIG. 22

(wordt vervolgd)

• • •

Transductor

B. van Zanten

(Vervolg van blz. 261)

Een vraag van betekenis is, welke invloed oefent ohmse- en inductieve belasting uit op de grootte van de stroom ΔI en de uitgangsspanning Uu.
Figuur 4 laat van beide het vectordiagram zien.

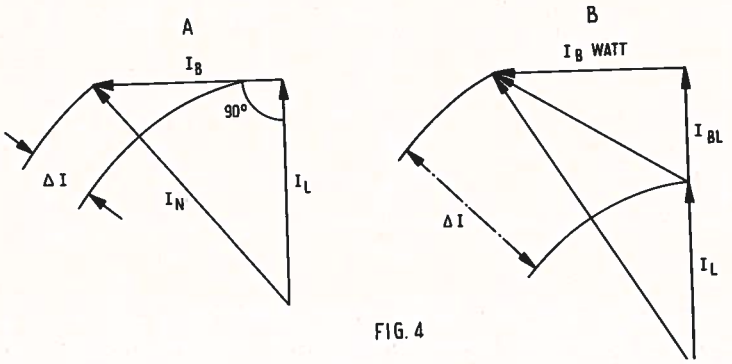


FIG. 4

De invloed van de belasting op de stabilisatienauwkeurigheid blijkt bij ohmse belasting niet aanwezig te zijn.
Figuur 4A laat het vectordiagram zien van een ohmse belasting. Hieruit blijkt, dat laatst genoemde eenheid praktisch geen invloed uitoefent op de grootte van de stroom ΔI. Dit betekent, dat ook de uitgangsspanning zich niet wijzigt. De toestelstroom bij een ohmse belasting laat zich met de volgende formule bepalen:

$$It = \sqrt{IL^2 + IB^2}$$

Uit het vectordiagram figuur 4B blijkt duidelijk, dat inductieve belasting daarentegen wel invloed op de stroom heeft.
Indien de cos Φ van de aangesloten belasting enigszins van 1 afwijkt, is de consequentie, dat de uitgangsspanning zich ook wijzigt.
Uit metingen is gebleken, dat tussen nul en vollast een spanningsdaling optreedt van 10% indien cos Φ 0,7 bedraagt. Vanzelfsprekend worden variaties van de ingangsspanning, regeltechnisch gezien, gecorrigeerd. De totaalstroom wordt nu bepaald door:

$$It = \sqrt{(IY + IBL)^2 + IB^2} \text{ watt}$$

Wanneer de inductieve belasting zich wijzigt is een cos Φ naar 1 aan te bevelen en tevens inschakeling van de compensatie-capaciteit met de belasting in- en uit te schakelen.
De invloed van veranderingen van de frequentie van de voedingsspaning heeft betrekking op de *inductieve weerstand* (reactantie x) van de onverzadigde spoel DR1. Het is ook van invloed op de stroom Ii en de spanning Uu. Een afwijking in de frequentie van 1% doet spanningsveranderingen ontstaan van 1,25 tot 1,50%.

$$U = I \times Z$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$X = 2\pi fL \text{ dus}$$

$$U = I \times \sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2}$$

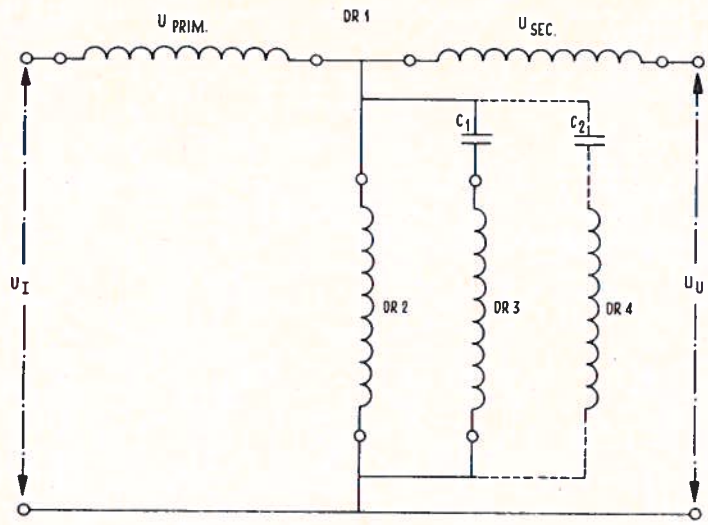


FIG. 5

Deze verandering in de frequentie tast de regelnauwkeurigheid niet aan. Dit betekent een aanpassing van de nieuwe uitgangsspanning Uu, onafhankelijk van deze netspanningsvariaties. Het feit, dat DR1 een verzadigde spoel is heeft tot gevolg, dat de periodieke golf van de opgenomen stroom en de uitgangsspanning een vervorming laat zien, als we uitgaan van de sinusvorm. Uit een nauwkeurige analyse blijkt, dat deze afwijking afhankelijk is van de *belasting* en van de grootte van de *ingangsspanning*.

In gevallen waar, technisch gezien, deze optredende *vervorming* niet toelaatbaar is, dient de transductor met een *filter* te worden uitgerust. Figuur 5 geeft het schema weer. Het filter bestaat uit een spoel DR3 en een in serie geschakelde condensator C2 en dient zo gedimensioneerd te zijn, dat de resonantiefrequentie 150 Hz bedraagt. Bij een frequentie van 50 Hz gedraagt het circuit zich als condensator. Dit is nodig voor de *stabiliserende* werking.

Langs wiskundige weg kan bewezen worden, dat een enkelvoudige trilling een sinusvorm bezit. Samengestelde trillingen zijn opgebouwd uit meerdere trillingen.

Indien een trilling is opgebouwd uit een frequentie van 50 Hz en 100 Hz dan spreekt men — voor wat de tweede trilling betreft — over *tweede harmonische*. Een derde harmonische is het drievoudige van de grondfrequentie. In dit voorbeeld dus 150 Hz. Om een zo duidelijk mogelijk beeld te krijgen van het toe te passen filter zullen we, aan de hand van enkele voorbeelden, de theoretische kant van deze materie nader bekijken.

In figuur 6 is een drietal schakelingen te zien. Als eerste een condensator aangesloten op een wisselspanning. Vervolgens een spoel en een weerstand, terwijl als laatste een spoel, een weerstand en een condensator zijn geschakeld.

Heeft de stroom Ic, in figuur 6A, bijv. een positieve richting dan wordt de condensator geladen. Deze lading heeft in de condensator een spanning tot gevolg, welke de stroom in negatieve richting wil laten vloeien. Indien de condensator geladen is, dan is de spanning Uc maximaal negatief ten opzichte van de stroomrichting, terwijl de netspanning daarentegen positief is ten opzichte van de stroomrichting. Uit het vectordiagram blijkt, dat de netspanning U en condensatorstroom Ic 90° verschoven zijn.

Met andere woorden, de stroom Ic ijlt 90° voor op de netspanning U.

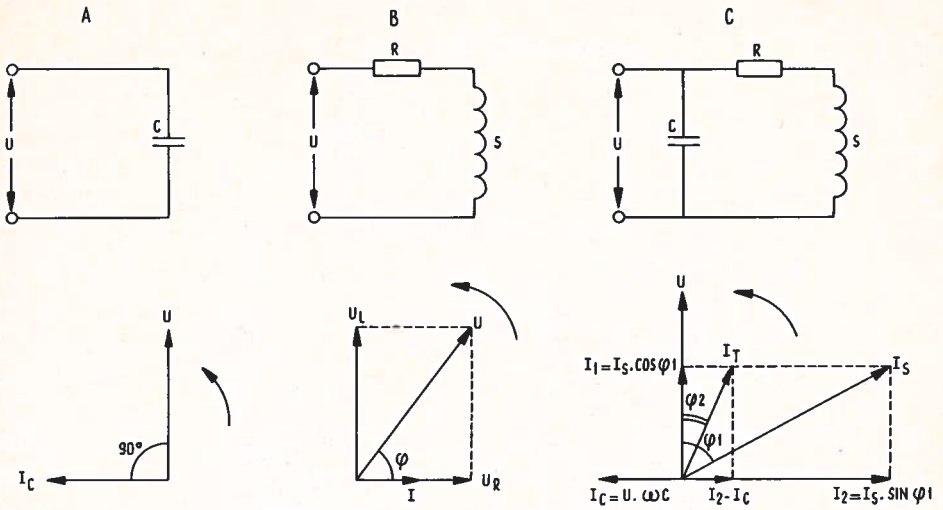


FIG. 6

Wanneer we uitgaan van een spoel zonder weerstand, dan is de spanning, die in deze spoel wordt opgewekt, op elk tijdstip tegengesteld is aan de netspanning.
De emk is *maximaal* als het veld het sterkst verandert en is *nul* als het veld niet verandert.

Aan het eerste geval wordt voldaan als de magnetiseringsstroom door het nulpunt gaat.

Het tweede geval heeft betrekking op het moment, dat de stroom maximaal is. De consequentie is, dat de geïnduceerde emk 90° naijlt op de stroom en de netspanning dus 90° voorijlt op de stroom.

In het vectordiagram, getekent volgens figuur 6B, zien we, dat op de horizontale as de stroom I is uitgezet. In fase daarmee is het ohmse spanningsverlies UR = I × R. De vector UL, welke de inductieve spanning voorstelt, is te berekenen met UL = L × 2πfL. Zoals blijkt ijlt deze spanning 90° voor op de stroom I. De vector U, voorgesteld als klemspanning van spoel S, is door de hoek Φ in fase verschoven met de stroom I. De grootte van U laat zich berekenen met de stelling van Pythagoras. Het resultaat is:

$$U = I \times \sqrt{R^2 + (2\pi fL)^2} \quad \text{of}$$
$$U = I \times Z$$

Als we nu onze aandacht richten op figuur 6C, dan zien we dat hier een spoel en een condensator parallel op een wisselspanning U zijn aangesloten. Uit het voorgaande weten we, dat in deze situatie de resulterende stroom It samengesteld zal zijn uit de beide stromen Ic en Is.

Uit het bijbehorende vectordiagram blijkt, dat de stroom Is door de spoel S kan worden ontbonden in een stroom I1 = Iscos Φ 1 en een stroom I2 = Issin Φ 1 = $\sqrt{Is^2 - I1^2}$. Eerstgenoemde stroom I1 is in fase met de spanning U. De stroom I2 ijlt 90° na op de spanning U. Laastgenoemde stroom noemt men *wattloze* stroom. Een tweede wattloze stroom is die door de condensator C. Deze stroom Ic = UωC ijlt 90° voor op de spanning U. Het resultaat van deze beide *wattloze* stromen is I2 – Ic.

Zoals gebruikelijk is de stroom It, welke door de spoel en condensator vloeit, te bepalen met de stelling van Pythagoras uit de totale *wattloze* stroom en de *stroom* I1. De weerstand die de stroom ondervindt in de spoel en de condensator is te bepalen als de beide stromen bekend zijn.

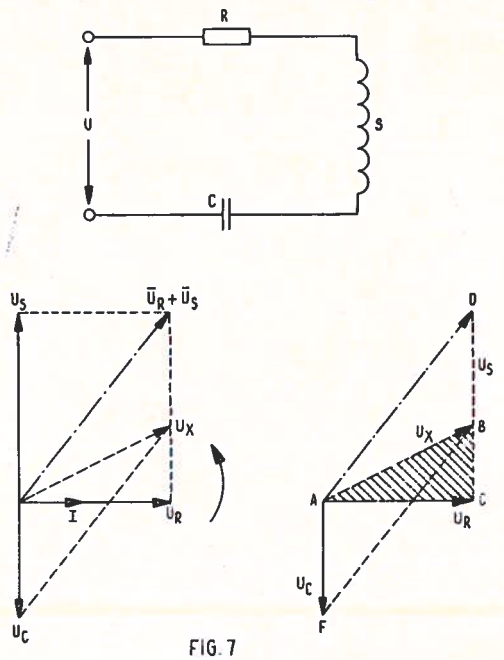


FIG. 7

Indien we stellen, dat deze respectievelijk X1 en Xc zijn, dan volgt hieruit dat:

$$X1 = 2\pi f_x L \qquad \text{en} \qquad Xc = \frac{1}{2\pi f_x C}$$

Indien de frequentie van de netstroom zich wijzigt betekent dit, dat ook de weerstanden (reactanties) andere waarden krijgen. In het geval spoel blijkt, dat bij frequentieverhoging ook X1 groter wordt en daarentegen bij de condensator Xc kleiner wordt.
Samenvattend mogen we hieruit concluderen, dat een frequentie kan worden vastgesteld waarbij de beide *reactanties* aan elkaar gelijk zijn.

Hierbij spreken we van *resonantie*.

$$2\pi f_x L = \frac{1}{2\pi f_x C} \qquad \text{of}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L \times C}}$$

In dit geval is de wattloze stroom nul.
Vanzelfsprekend hangt het van de grootte van I2 ten opzichte van Ic af of It voor-na-ijlt in samenhang met de spanning U.
In aansluiting hierop zullen we eens bekijken, welke consequenties er zijn verbonden aan een schakeling, waarbij een spoel met ohmse- en inductieve weerstand in serie geschakeld is met een condensator.

Uit het vectordiagram blijkt, dat op de horizontale as de stroom I in fase is met de spanning Ur over de weerstand. De inductieve spanning Us ijlt 90° voor op de stroom I. De spanning U_C daarentegen ijlt 90° na op de stroom I. Aangezien de spanningen $U_R - U_S$ en U_C in fase zijn verschoven, kan sommering *alleen* met vectoren plaatsvinden.

In dit verband laat de derde figuur dit wiskundig zien.
In driehoek ABC is:

$$AB^2 = AC^2 + BC^2$$

$$UC^2 = I^2R^2 + BC^2$$

$$BC = DC - DB \qquad \text{dus}$$

$$BC = I \times 2\pi fL - \frac{I}{2\pi fC}$$

$$UX^2 = I^2R^2 + (I \times 2\pi fL - \frac{I}{2\pi fC})^2$$

$$UX = I \sqrt{R^2 + (2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC})^2} \qquad \text{of}$$

$$UX = I \times Z$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (L - \frac{1}{\omega C})^2}$$

Indien $2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC} = 0$ dan betekent dit, dat de stroom in fase is met de spanning.

Het circuit gedraagt zich dus alsof er alleen *ohmse weerstand* aanwezig is.
($U_X = U_R$ en $U_S - U_C = 0$).
In dit geval spreekt men over *resonantie*.
Keren we nu terug naar figuur 5 dan blijkt, dat voor de derde harmonische de *fase-resonantie* optreedt.

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \; ; \; \omega^2 = \frac{1}{LC} \quad \text{of} \quad 2\pi f = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

De impedantie van deze schakeling is praktisch gelijk aan de ohmse weerstand van spoel DR3.

Dus $$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}} = 150 \text{ Hz}$$

Samenvattend mogen we stellen, dat voor de derde harmonische deze schakeling praktisch een *kortsluiting* vormt en dus buiten de uitgangsspanning wordt gehouden.

Het gestippelde circuit van condensator C2 en spoel DR4 kan eventueel toegepast worden voor de *vijfde harmonische*. Deze frequentie-resonantie bedraagt hier 250 Hz.

Alle stabilisatoren, waarvan het uitgangsvermogen 750 VA of meer bedraagt, worden met een filter uitgevoerd.

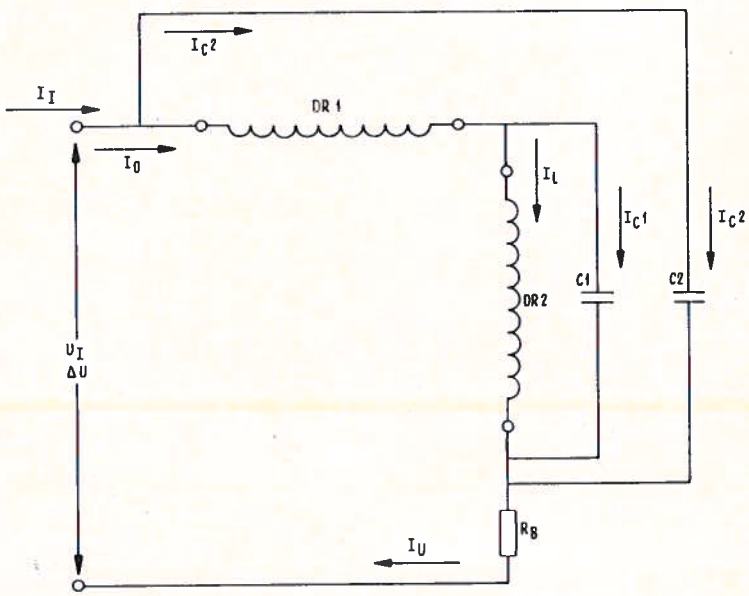


FIG. 8

Analoog aan het voorgaande zijn er ook stabilisatoren welke *stroomsturende* eigenschappen bezitten. Bij gebruik van deze typen is het niet toegestaan tijdens het gebruik het uitgangscircuit of de belasting af te schakelen, omdat enkele componenten hierdoor overbelast zouden kunnen worden met alle daaraan verbonden gevolgen.

Indien de mogelijkheid van onderbreking toch bestaat, dan verdient het aanbeveling een zgn. *nullast-beveiliging* toe te passen.

Figuur 8 laat het schema van deze stroomstabilisator zien.
Hieruit blijkt, dat het apparaat is opgebouwd uit een serieschakeling van spoel DR1 – DR2 en belastingweerstand R_B aangesloten op de ingangsspanning Ui. In dit circuit is DR1 de onverzadigde spoel, terwijl over de verzadigde spoel DR2 een condensator C1 is geschakeld. Over beide spoelen DR1 en DR2 is een condensator C2 parallel geschakeld. De ingangsspanning is aangegeven met Ui en de eventueel optredende spanningsvariaties als Δ U.

De uitgangsstroom, aangegeven door Iu, moet gelijk zijn aan de uit het net opgenomen stroom Ii, onafhankelijk van de variaties ΔU.

De nauwkeurigheid waarmee dit wordt aangegeven is ongeveer a%. De getekende pijlen geven de richting aan waarin de stromen zullen vloeien. De toelaatbare netspanningsvariatie bedraagt ongeveer 15% bij een aansluitspanning van 220 en 380 V wisselstroom. Bij een netfrequentie van 50 Hz is een variatie toegestaan van ongeveer 5%. Figuur 9 laat een aantal karakteristieken zien van deze stroomstabilisator.

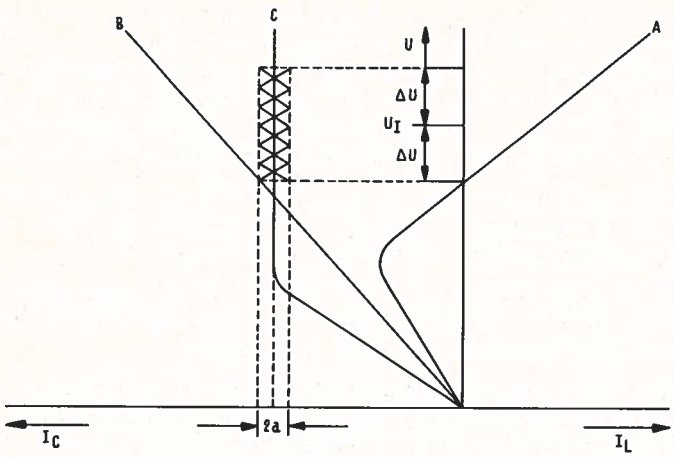


FIG. 9

De karakteristiek A laat de stroom Io zien als functie van de ingangsspanning Ui. Deze Io is opgenomen van de schakeling, welke bestaat uit een onverzadigde-verzadigde spoel en twee parallel geschakelde condensatoren met een belastingsweerstand.

Door de vectoroptelling van I_L en I_C wordt de karakteristiek A verkregen. (Zie hiervoor de karakteristieken A en B van figuur 3).

Tevens laat deze grafische voorstelling de condensatorstroom I_{C2} zien als functie van de netspanning U1. Door de karakteristieke Io en I_{C2} vectorieel te sommeren ontstaat de karakteristiek van de uitgangsstroom Iu (lijn B).

De nauwkeurigheid waarmee de uitgangsstroom Iu constant wordt gehouden, onafhankelijk van ΔU, is aangegeven door 2a.

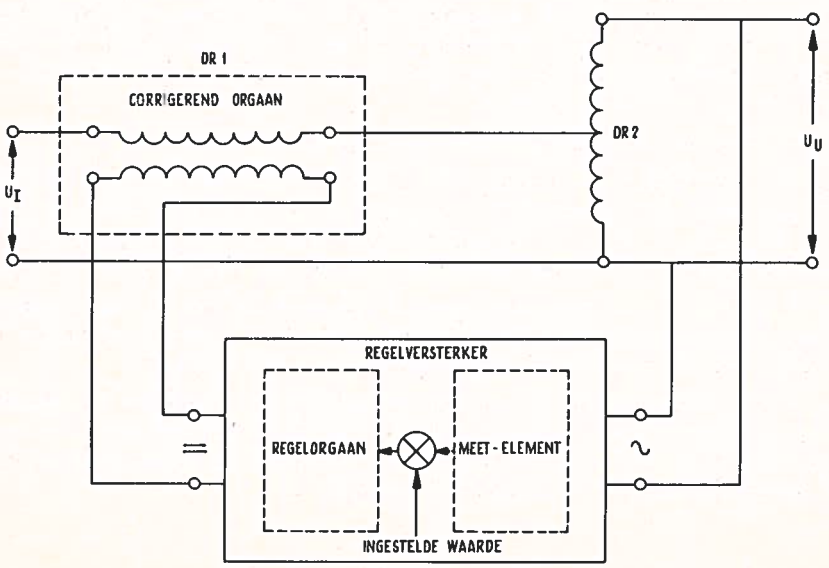


FIG. 10

Door een juiste dimensionering van alle hierbij betrokken delen (verstellen aftakkingen aan spoelpunten) is de mogelijkheid aanwezig om de kromme A evenwijdig te laten lopen met de spanningsas U. Dit betekent, dat het bewijs is geleverd dat de stroom I_0 onafhankelijk van de spanningsvariaties ΔU een constante waarde houdt. Dergelijke stroomstabilisatoren kunnen indien gewenst ook met gelijkstroomuitgang worden geleverd. In dat geval wordt in de stroomkring I_0 een gelijkrichter in serie opgenomen.

Figuur 10 laat het principe zien van een spanningsstabilisator, welke onafhankelijk van frequentievariaties een constante uitgangsspanning geeft, terwijl tevens de vorm van deze wisselspanning een bijzonder goede sinus te zien geeft.

Deze stabilisator is opgebouwd uit een serie-trafo DR1 als *corrigerend* orgaan, een spaartrafo, welke parallel geschakeld is tussen in- en uitgang. Een *regelorgaan* en een *meetelement* completeren een regelversterker als stuurunit.

Door een gelijkstroom-voormagnetisering over de secundaire wikkeling van de trafo DR1 wordt de inductiviteit zodanig ingesteld, dat de uitgangsspanning Uu constant blijft. De gelijkstroom wordt verkregen uit een regelversterker, welke regeltechnisch gezien uit een *regelorgaan* en *meetelement* bestaat. De opbouw hiervan is uitgevoerd met een *transductorversterker* en een *brugschakeling* van zenerdioden. Laatstgenoemden dienen voor een gesetabiliseerde *referentiewaarde*. Door de regelspoel DR1 worden alleen *positieve spanningsvariaties* van het net tot de normale waarde geregeld. Op grond hiervan is de spaartrafo DR2 parallel aangesloten op de uitgangsspanning. Het resultaat is nu, dat de stabilisatie zowel voor *positieve* als *negatieve* variaties werkzaam is.

Indien een zeer kleine hersteltijd wordt verlangd en dus een grote regelsnelheid, kan de regelversterker worden uitgerust met een *transistorversterker*. De hersteltijd en de grootte van de uitgangsspanning wordt niet beïnvloed door de cos Φ van de belasting. De arbeidsfactor beïnvloedt het gedrag van de stabilisator wel op een bijzondere manier.

Indien een aangesloten uitgangscircuit uit een inductieve belasting bestaat, dan beïnvloed deze het regelbereik zodanig, dat in de richting van lagere netspanning het *negatieve* regelbereik kleiner wordt dan bij ohmse belasting. Bij capacitieve belasting daarentegen wordt het *positieve* regelbereik kleiner dan bij ohmse belasting. Dit betekent, dat bij niet al te grote afwijkingen van de arbeidsfactor cos Φ de stabilisator beter kan worden uitgevoerd met een *groter regelbereik*. Met andere woorden, vergroting van de *regelband* is dan gewenst.

De maximum grens van de arbeidsfactor ligt ongeveer bij Φ 0,8.

Indien een regelbereik van $-15\%/+10\%$ nodig is, voor wat de netspanningsvariaties betreft, dan geldt dat de stabilisator ongeveer een 1,5-voudig groter vermogen moet bezitten dan nodig is voor het uitgangsvermogen. Het feit dat dit een vergroting van de kosten tot gevolg heeft weegt ruimschoots op tegen de hieraan verbonden voordelen.

Indien de stabilisator is aangesloten op een 3-fase spanning, dan is voor kleine vermogens een gemeenschappelijke regelversterker ingebouwd. Belangrijk is hierbij wel de voorwaarde, dat een *symmetrische* belastingsverdeler wordt toegepast.

Indien grotere vermogens moeten worden geregeld, is de stabilisator zo uitgerust, dat elke fase *onafhankelijk* wordt gestabiliseerd. Hierbij kan een stabiliseringsfout optreden van ongeveer 0,5% bij constante belasting. De harmonische vervorming is maximaal 3-4%, terwijl de hersteltijd 100-200 msec bedraagt.

(Slot)

Geheugens

B. KIEBOOM

(Vervolg van blz. 188)

2. *Elektronische geheugens*

Relais en schakelaars zijn goed te gebruiken voor het vervullen van geheugenfuncties. Deze worden echter zelden als zodanig gebruikt in de computertechniek, hoewel de kostprijs per bit zeer laag is.

Relais zijn te langzaam om als variabelengeheugen-element te kunnen dienen.
Schakelaars kunnen echter zeer moeilijk door het rekentoestel, of wat wij noemen de computer, zelf worden bediend. Schakelaars zijn daarom alleen als semi-constanten geheugenelementen te gebruiken.

3. *Fotoschijven*

Een systeem met fotoschijven is wel toe te passen als een constantengeheugen. Een fotoschijf is een glazen schijf waarop binaire informatie in de vorm van wel- en niet-lichtdoorlatende plekjes is aangebracht.

Door de schijf draaibaar te plaatsen tussen een projectielampje en een aantal foto-elektrische cellen, kan de bedoelde informatie foto-elektrisch worden afgelezen.

Dit systeem is ook zeer goed te gebruiken voor analoog-digitaal omzetting. Ook dit systeem wordt evenals het voorgaande systeem niet op grote schaal toegepast. De kosten per bit zijn iets hoger dan bij de elektrische geheugens.

4. *Mechanisch-elektrische geheugens*

De ponskaart en de ponsbandsystemen kunnen tot de mechanisch-elektrische systemen worden gerekend. Hierbij wordt op een eenvoudige wijze de informatie vastgelegd om later te worden weergegeven.

Het vastleggen van de informatie gebeurt door het inponsen in kaart of band. Dit is een mechanische handeling die relatief veel tijd kost.

De ponskaarten of -banden kunnen

a. mechanisch worden afgetast, hetgeen eveneens relatief veel tijd vergt.

b. worden afgetast met foto-elektrische cellen, hetgeen weer veel sneller gaat.

Vanwege hun lage inschrijfsnelheid en grote toegangstijd worden dit soort systemen weinig toegepast. Is de snelheid niet een eerste vereiste (hetgeen veelal wel het geval is) dan worden deze systemen graag toegepast vanwege de lage kosten per bit.

De voorgeponste girokaarten voor het afschrijven van een bepaald bedrag van uw girorekening worden in dit verband niet bedoeld.

5. *Elektronische geheugens*

In de eerste elektronische geheugens werd de flip-flop als geheugenelement toegepast. De flip-flop staat ook wel bekend als de multivib of als trekker. Zoals bekend wordt verondersteld zijn er drie multivibratoren, waar multivib. een afkorting van is, nl. de bi-stabiele multivibrator, de mono-stabiele multivibrator en de a-stabiele multivibrator. In een flip-flop register kan de informatie op verschillende manieren worden vastgelegd.

Een eenvoudige toegepaste methode is die waar de digitale informatie binair in een gewoon register wordt ingeschreven en indien nodig, weer wordt uitgeschreven.
Flip-flop-geheugens zijn zeer snel en goedkoop. Doch voor een groot geheugen zijn zeer veel flip-flops nodig.

Hierdoor wordt:

a. de ruimte die een dergelijk groot geheugen inneemt te groot;
b. de kostprijs vanwege het grote aantal flip-flops en ruimte te hoog.

6. Elektrostatisch geheugen

Een andere elektronische toepassing is de Williamsonbuis, een elektrostatisch geheugen. Op het geïsoleerde scherm van een kathodestraalbuis wordt door een binair gecodeerde elektronenstraal een ladingspatroon geschreven.

Het uitlezen van de informatie geschiedt door het aftasten van het ladingspatroon door een tweede, niet gecodeerde elektronenstraal.

De optredende ladingsverandering van het scherm kan worden gebruikt als aanwijzing voor het verdwijnen van een bit.

Dit systeem wordt alleen in zeer gespecialiseerde toepassingen gebruikt.

7. Oude magnetische geheugens

Een roterende cylindrische trommel, waarop een laagje magnetiseerbaar materiaal is aangebracht, is wellicht het oudste magnetische geheugen, dat echter nog steeds wordt toegepast.

Een gedeelte van de trommelomtrek draait onder een aantal, zeer dicht bij de trommel gemonteerde, lees- en schrijfkopjes door.

Deze kopjes bestaan over het algemeen uit een lamel van μ-(mu) metaal, waaromheen een winding is gelegd. Wordt door de winding een binair gecodeerde impulsreeks gevoerd, dan ontstaat op het gedeelte van de trommel, dat onder de kopjes doordraait, door inductie een binair gecodeerde magnetisatie.

Het variërende magnetische veld induceert in het leeskopje, wanneer dit zich boven het juiste trommelgedeelte bevindt, een identieke impulsreeks, die desgewenst kan worden afgenomen.

De hoeveelheid informatie die op het trommeloppervlak kan worden opgeslagen is tamelijk groot. Een nadeel van dit type is echter de grote toegangstijd en de ruimte die het systeem inneemt.

In een ander systeem wordt binaire informatie opgeslagen op een aantal draaibare schijven, die van een magnetiseerbare laag zijn voorzien. De informatie wordt op de schijven ingeschreven en indien nodig weer uitgelezen door een schrijf-leeskopje, dat aan het eind van een beweegbare arm is bevestigd.

Door middel van een servo, die door een schakeling in het rekentoestel wordt bediend, kiest de arm de juiste schijf en het juiste spoor op die schijf. Ook in dit systeem is een grote hoeveelheid informatie vast te leggen. Het heeft echter dezelfde nadelen als het magnetische trommelgeheugen.

Een derde methode maakt gebruik van een digitale bandrecorder.
De banden voor deze speciale recorders zijn over het algemeen voorzien van meerdere sporen (5 à 9).

De vast te leggen informatie is zeer groot, de toegangstijd helaas echter ook.

Geen van de drie genoemde magnetische systemen is geschikt voor toepassing op uitgebreide schaal. De nadelen zijn vele malen groter. dan de voordelen.

8. *Magneetringgeheugens*

Teneinde magnetische geheugens te kunnen construeren is een materiaal nodig dat twee magnetische toestanden kent die de binaire symbolen 0 en 1 kunnen weergeven. Deze twee toestanden kunnen worden gevonden in de richting waarin het stukje magnetisch materiaal kan worden gemagnetiseerd.

Het mag bekend worden verondersteld dat ferroxcube in twee tegenovergestelde richtingen gemagnetiseerd kan worden. Ferroxcube is in feite een hoeveelheid magnetisch materiaal zoals ijzer of ijzerpoeder.

Wanneer een staafje magnetisch materiaal zodanig gemagnetiseerd is, dat links de zuidpool en rechts dus de noordpool aanwezig is, kan hiermede het binaire symbool „0" (nul) worden aangegeven.

Wordt een ander staafje magnetisch materiaal zodanig gemagnetiseerd dat links de noordpool en rechts de zuidpool is, dan kunnen we hieraan het binaire symbool „1" (één) toekennen.

Zo'n staafje magnetiseerbaar materiaal kan worden gemagnetiseerd, zodra het zich onder invloed van de magnetische kracht van een ander uitwendig magnetisch veld bevindt. Door om zo'n staafje een spoeltje of een draadwinding aan te brengen waardoor een elektrische stroom vloeit, kan een dergelijk magneetveld worden aangebracht. De richting van de magnetisatie hangt van de stroomrichting af.

Onmiddellijk nadat de elektrische stroom wordt uitgeschakeld en daardoor dit uitwendig magnetisch veld verdwijnt, blijft echter een deel van het in het staafje aanwezige magnetisme, dat door de winding was geïnduceerd, aanwezig. Dit achtergebleven magnetische veld staat bekend onder de naam *remanent magnetisme.* Wordt de stroomrichting door de winding omgedraaid, dan verandert het magnetisch veld in het staafje. De noordpool wordt zuidpool en de zuidpool wordt noordpool.

Hiermede veranderen ook de binaire symbolen, de „0" wordt „1" en de „1" wordt een „0".

Als geheugenelementen worden in magneetgeheugens kleine *ferrietringen* toegepast. Ferriet is een keramisch, ferromagnetisch materiaal, dat bijzondere eigenschappen heeft.

Bij het magnetiseren van het materiaal blijkt dit namelijk in de eerste plaats een bijna rechthoekige hysteresislus (magnetiseringskromme) te bezitten.
Hierover later.

Ferriet is verder bekend als isolator, zodat bij het magnetiseren geen wervelstromen optreden. Bovendien is het materiaal eenvoudig te bewerken, waardoor zeer kleine ringetjes gemaakt kunnen worden.

Deze drie eigenschappen (rechthoekige hysterislus, geen wervelstromen en eenvoudige bewerking) maken ferrietringen bijzonder geschikt voor toepassing in snelle geheugens. Een nadeel echter is dat bij hoge temperaturen het materiaal zijn magnetische eigenschappen snel verliest.

9. *De magnetiseringskromme*

Het verband tussen de richting en de sterkte van het resulterende magnetisme (B) en de richting en de sterkte van de magnetische kracht (H) wordt weergegeven in de magnetiseringskromme ofwel hysteresislus genoemd.

Uit de vergelijking van de magnetiseringskromme van bijv. weekijzer en ferriet blijkt het voordeel van ferriet boven dat van weekijzer in geheugens.

Figuur 1 geeft de hysteresislus van weekijzer weer.
Figuur 2 geeft de hysteresislus van ferriet weer.

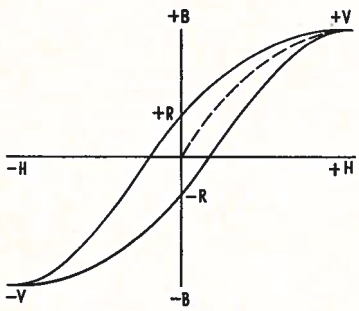


FIG. 1

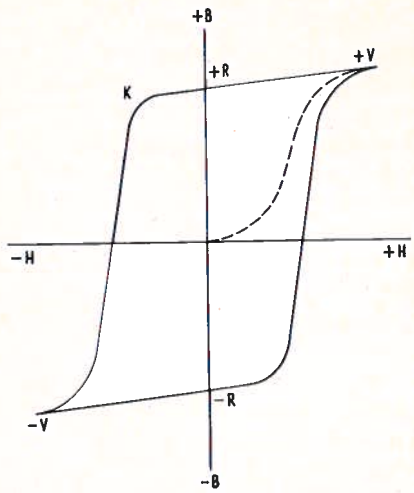


FIG. 2

Wanneer het oorspronkelijke neutrale materiaal zich in een positief toenemend magnetisch krachtveld bevindt, zal het volgens de onderbroken kromme worden gemagnetiseerd. Op een bepaald ogenblik zal een verder aangroeien van het veld geen grotere magnetisatie tengevolge hebben.

Het materiaal is positief magnetisch verzadigd (+V).

Verkleining van het magnetisch veld doet de magnetisatie afnemen volgens een hoger gelegen kromme.

Wanneer echter de magnetische kracht niet meer aanwezig is, blijkt het materiaal nog steeds magnetisch. Dit achtergebleven magnetisme wordt het remanent magnetisme genoemd (zie hoofdstuk 8).

De toestand van het materiaal wordt door het punt +R in fig. 1 en fig. 2 als positieve *remanentietoestand* aangegeven.

Wanneer nu een in negatieve richting aangroeiend magnetisch veld wordt aangelegd, zal de magnetisatie aanvankelijk verder afnemen, het nulpunt passeren en daar van richting veranderen.

Het aangroeien van deze negatieve magnetisatie heeft nu verder plaats, totdat de *negatieve verzadiging* (−V) is bereikt. Een afname van het veld doet ook de magnetisatie afnemen. Wanneer het magnetische veld is gereduceerd tot nul, blijft het materiaal in de *negatieve remanentietoestand* (−R) verkeren (fig. 1 en fig. 2).

De richting van het laatst aangelegde magnetische veld wordt als het ware door het materiaal *„onthouden"*.

De positieve remanentietoestand van het materiaal wordt de „1" toestand genoemd. De negatieve remanentietoestand van het materiaal wordt de „0" genoemd. Het materiaal kan aldus een „bit" informatie vasthouden.

De remanentiepunten van ferriet liggen veel verder uit elkaar dan die van weekijzer. Dit betekent dat in ferriet een strenger onderscheid wordt gemaakt tussen de onthouden polariteit van de magnetiseringskracht, dus tussen een „1" en een „0".
Wanneer bij ferriet dat in de remanentietoestand +R (de „1" toestand) verkeert, een veld in negatieve richting wordt aangelegd, treedt aanvanklijk bijna geen magnetisatieverandering op.

Voorbij de knie K verandert de positieve magnetisatie echter plotseling in een negatieve magnetisatie.

Ook deze snelle omschakeling is, zoals verder nog zal blijken, een groot voordeel bij toepassing van ferriet als geheugenmateriaal. Het punt *K* wordt ook wel het *„schakelpunt"* van het materiaal genoemd.

Om redenen die later ter sprake komen, worden voor magnetische kerngeheugens in de praktijk geen rechte staven van ijzer met spoelen of windingen van draad gebruikt. In het eerder genoemde boek „Digitale rekentechniek" van de Koninklijke Marine wordt verder gegaan met zgn. ferrietringen.

In het eveneens eerder genoemde boekje „Magnetische kerngeheugens" van Philips, waarvan voor dit artikel eveneens met dank gebruik wordt gemaakt, wordt gesproken van ferroscuberingen van magnetisch gesinterd ijzerpoeder waardoor rechte draden zijn gemonteerd. Het hier behandelde principe geldt voor beiden, evenals het vervolg van dit artikel.

10. *Magneetringen*

Om verschillende redenen is voor een geheugenelement een ringvorm gekozen, vandaar dat wij hiermede door zullen gaan.

1. De ring kan op eenvoudige wijze worden gemonteerd.
2. De ring kan op eenvoudige wijze worden gemagnetiseerd.
3. De ring vormt een geheel gesloten magnetisch circuit, waarin gemakkelijk een sterk magnetisch veld is te handhaven.

Het type geheugen bepaalt in feit de grootte van de ringen.

De afmetingen van een dergelijke ring zoals deze in de praktijk kunnen voorkomen zijn in fig. 3 in mm aangegeven.

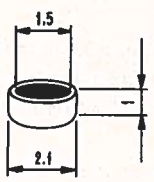


FIG. 3

FIG. 4

11. *Het inlezen*

Het kan worden aangetoond dat de richting van de magnetisatie in een ringkern bepaald wordt door de richting van de stroom in de draad die door deze ringkern loopt. De magnetisatie van de ring is recht evenredig met de grootte van de stroom, en omgekeerd evenredig met de ringdiameter.

Een stroomimpuls door de draad

a. in positieve richting
b. van voldoende grootte

zal in de ring een positieve verzadigingstoestand teweeg brengen (+ V zie fig. 2).

Aan het eind van de stroomimpuls komt de ring dus in de „1" toestand te verkeren (+ R, fig. 2). De + R toestand wordt gebruikt om het symbool „1" weer te geven. Hieruit volgt dat de stroomimpuls als het ware een „1" in de ring heeft geschreven. De ring zal deze „1" onthouden. De bedoelde impuls wordt genoemd de *„inschrijf-* of *inleesimpuls* (Î fig. 4).

Deze gang van zaken wordt daarom ook wel genoemd *inschrijven* of ook wel *inlezen*. Moet een „0" worden ingelezen, dan wordt de inleesimpuls *niet* toegevoegd. Deze opmerking houdt dan in, dat de ring zich *vóór* het inlezen reeds in de „0" toestand moet bevinden.

Verkeert de ring voor het inlezen van een „0" namelijk in de „1" toestand, dan gebeurt er niets, de ring blijft in de „1" toestand. Na het inlezen van de „0" heeft de ring een *valse* bit, deze is dus op „1" blijven staan.

De inleesimpuls wordt over het algemeen afgeleid van een impuls uit de besturing en de uitgangsspanning aan de één-zijde van een flip-flop-schakeling. Een dergelijke impuls zal, wanneer de flip-flop in de „1" stand staat, de ring dus in dezelfde stand brengen.

12. *Het uitlezen*

Een stroomimpuls door de draad in tegenovergestelde richting aan die van de inleesimpuls zal, indien deze groot genoeg is, de ring via de verzadigingstoestand – V (fig. 2) in de toestand „0" brengen (– R, fig. 2).

FIG.5

Bevindt de ring voor het optreden van de impuls zich reeds in de „0" toestand, dan blijft deze daarin. Bevindt de ring voor het optreden van de impuls zich in de „1" toestand, dan zal de „1" na de impuls zijn verdwenen en is er een „0" voor in de plaats gekomen.

De „1" is *uitgelezen* en de impuls wordt aan de hand hiervan uitleesimpuls (Û fig. 5) genoemd.

De draad, waaraan de inlees- en uitleesimpulsen worden toegevoegd, wordt wel de *inlees-uitleesdraad* genoemd.

13. *Het aflezen*

Het uitlezen zonder meer heeft geen zin. De inlees-uitleesdraad is hiervoor behandeld. Nu wordt bij deze draad een andere draad door het ringetje aangebracht. Deze draad wordt de *afleesdraad genoemd*. (fig. 6).

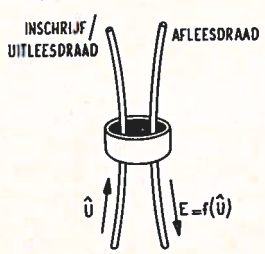


FIG.6

In deze draad worden door de bij het uitlezen optredende magnetisatieveranderingen, spanningen geïnduceerd. Deze in de afleesdraad opgewekte spanning is een functie van de grootte en de snelheid van de magnetisatieverandering en dus een aanwijzing van de toestand waarin de ring verkeerde, vóórdat de uitleesimpuls werd toegevoerd.

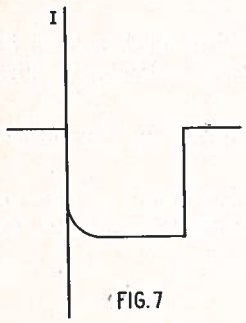


FIG. 7

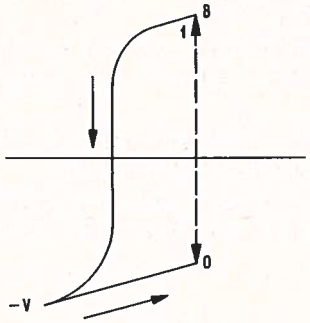


FIG. 8

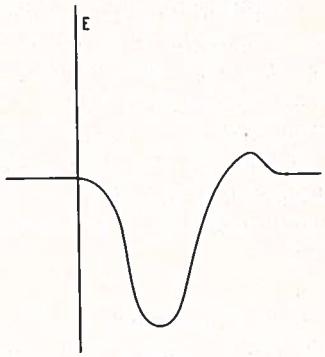


FIG. 9

We nemen aan dat de ring zich in de „1" toestand bevindt.

Fig. 7 geeft een impuls aan die de ring in de „0" toestand moet brengen.

Fig. 8 geeft aan hoe dit verloopt langs de hysteresislus nl. van de „1" toestand op de B-as via de hysteresislus naar punt – V en vandaar naar de „0" toestand op de B-as.

Fig. 9 geeft de opgewekte afleesspanning weer als functie van de uitleesimpuls.

We nemen nu aan dat de ring zich in de „0" toestand bevindt.

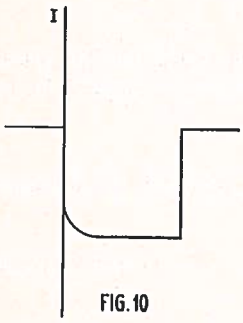


FIG. 10

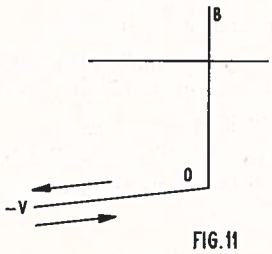


FIG. 11

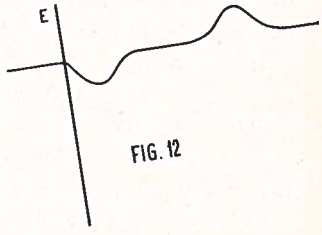


FIG. 12

Fig. 10 geeft een impuls aan die de ring in de „0" toestand zou moeten brengen.

Fig. 11 geeft aan dat er weinig gebeurt, immers de ring was al in stand „0" gezet. De magnetisatie gaat van „0" naar – V en vandaar naar „0" terug.

Fig. 12 geeft de opgewekte afleesspanning weer als functie van de uitleesimpuls.

Er bestaat een duidelijk verschil tussen de spanning opgewekt bij het uitlezen van een „1" (fig. 9) en die, geïnduceerd door de uitleesimpuls terwijl de ring zich in de „0" toestand bevond (fig. 12).

Van de eerste geïnduceerde spanning (fig. 9) kan een impuls worden afgeleid. Met deze impuls kan dan een flip-flop-schakeling worden *„op"* gezet.

De in de geheugenring vastgelegde „1" kan dus worden overgenomen door een flip-flop-schakeling.

De geïnduceerde spanning van fig. 12 *mag* en *kan* de flip-flop *niet* „op" zetten.

a. Mag niet, omdat de ring zich reeds in de „0" toestand bevond.
b. Kan niet, omdat de geïnduceerde spanning te klein is, teneinde een reactie van de flip-flop te kunnen bewerkstelligen.

Er ontstaan in de afleesdraad niet alleen spanningen bij het *uitlezen*, doch ook bij het *inlezen*. Een inleesdraad veroorzaakt eveneens een magnetisatieverandering en dientengevolge een spanning.

Wanneer vanuit de „0" toestand van de ring een „1" wordt ingelezen, dan ontstaat een spanning als in fig. 9 met tegengestelde polariteit.

Indien de ring zich in de „1" toestand bevindt, terwijl een inleesimpuls als een „1" wordt toegevoegd, dan ontstaat een spanning, gelijk doch tegengesteld aan die van fig. 12.

14. *Stoorspanningen*

De positieve spanningen in fig. 9 en fig. 12 alsmede de negatieve spanning in fig. 9 zijn *stoorspanningen* die ongewenst zijn.

Deze stoorspanningen treden natuurlijk ook op als de polariteit is omgedraaid (zie het laatste stukje uit het vorige hoofdstuk).

Wanneer in plaats van ferriet, weekijzer zou zijn toegepast dan was de gewenste afleesspanning (signaal), door het minder steile verloop van de magnetiseringskromme (fig. 1), veel kleiner geworden.

De stoorspanningen (ruis) zijn bij weekijzer daarentegen veel groter dan bij ferriet, doordat de kromme bij ferriet tussen – R en – V ofwel + R en + V (fig. 2) niet alleen recht is doch ook nog bijna horizontaal verloopt.

Bij weekijzer (fig. 1) is dit gebogen en tamelijk steil.

Ferriet geeft dus een veel betere signaal-ruisverhouding.

Verder kunnen in de draden die door de geheugenring lopen gemakkelijk allerlei spanningen worden geïnduceerd, door de in de nabijheid optredende impulsen, die met inlezen of uitlezen niets te maken hebben.

Deze spanningen worden ook wel *oppikspanningen* genoemd.

Ook al deze spanningen zijn stoorspanningen. Bij het aflezen mag van de stoorspanningen geen hinder worden ondervonden.

(wordt vervolgd)

Technische berichten

B. Kieboom

1 Nieuwe kleine praatpalen-centrales

Het Philips-programma van praatpalen-apparatuur is kortgeleden uitgebreid met twee nieuwe kleine centrales, die respectievelijk zijn ontworpen voor netten van ten hoogste 30 en 60 praatpalen. Beide centrales bieden het grote voordeel dat de schakelapparatuur direct in de bedieningstafel is ondergebracht zodat geen aparte apparatuurkasten nodig zijn. Behalve dat zij daardoor eenvoudig van opzet zijn, nemen zij minder plaats in en zijn sneller te installeren.

Het Philips praatpalen-systeem

De verkeersgroep van Philips voert nu in totaal drie uitvoeringen van haar praatpalen-systeem. De grootste, die in Nederland wordt toegepast, is ontworpen voor een dicht wegennet, waardoor vele praatpalen zijn aangesloten op een centrale post. Er is hier dus sprake van een grote concentratie per post. De centrale apparatuur is bij deze uitvoering ondergebracht in een zogenaamde „Algemene kast" met voedingsomvormers, mobilofoon- en netlijnschakeleenheden, en maximaal drie circuitkasten voor de praatpalen-circuits. Elke circuitkast kan hierbij maximaal 16 standaard lijneenheden bevatten, die elk via een 6-draads circuit met 10 praatpalen zijn verbonden, en aldus geschikt zijn voor de afhandeling van maximaal 160 praatpalen. Het totale systeem kan dus maximaal 480 praatpalen behandelen. Daarnaast bestaat nog de mogelijkheid voor de aansluiting van maximaal 10 mobilofoon- en 8 netlijnen. De bediening voor het gehele systeem geschiedt op meld- en afhandeltafels; de grootste systeemuitvoering kan worden uitgebreid tot vier van elke soort.

Op de meldtafels kunnen verbindingen met praatpalen en het openbare telefoonnet worden opgebouwd; de afhandeltafels bezitten naast dezelfde aansluit-voorzieningen met het openbare net tevens de bedieningsorganen voor de mobilofoonverbindingen.

De middelgrote uitvoering, die aan Hongarije en Joegoslavië is geleverd, is ontwikkeld voor de aanmerkelijk lagere capaciteit van één enkele doorlopende autoweg. Er wordt hierbij slechts één apparatuurkast gebruikt, die maximaal 10 standaard lijneenheden kan bevatten. Omdat elke lijneenheid in deze uitvoering de verbinding kan verzorgen met maximaal 15 praatpalen, is de totale capaciteit van het systeem 150 praatpalen. Behalve de lijneenheden bevat de kast nog de nodige voedingsomvormers en, indien gewenst, apparatuur voor het schakelen van ten hoogste vier netlijnen en zes mobilofoonkanalen. Er zijn niet meer dan twee meld- en twee afhandeltafels mogelijk.

Bij de nieuwste en tevens de kleinste uitvoeringen is alle apparatuur in één tafel ondergebracht zodat er geen apparatuurkasten meer nodig zijn. De kleinste versie bevat twee lijneenheden voor maximaal 30 praatpalen, de grootste vier lijneenheden voor maximaal 60 praatpalen. Alleen de grootste versie bevat voorzieningen voor het schakelen van maximaal twee netlijnen. Bij de middelgrote en kleine uitvoeringen kunnen kabelverbindingen per 15 praatpalen 4- tot 6-draads zijn.

Enkele technische bijzonderheden

Een praatpalen-systeem bestaat in wezen uit een aantal praatpalen, die via normale telefoonkabels met een centrale zijn verbonden. De centrale wordt met de bedieningstafels in een centrale post ondergebracht. Een oproep vanaf de praatpaal geschiedt door het indrukken van een knop; de verbinding kan daarna vanuit de centrale post worden opgebouwd. Eventueel kan de oproepende praatpaal worden doorverbonden met het openbare telefoonnet.

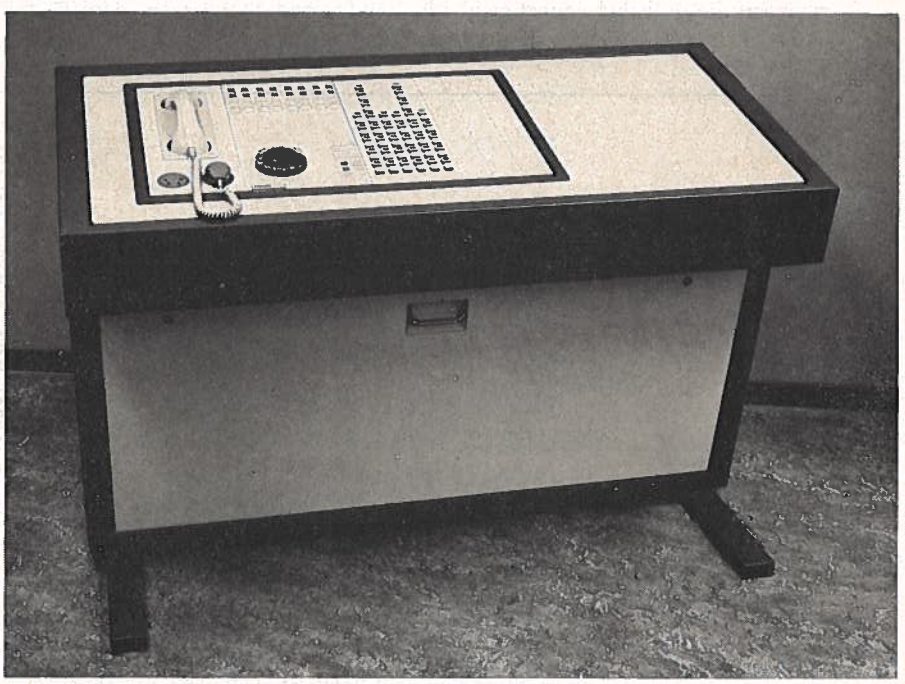
De praatpalen worden met één of met twee knoppen uitgevoerd; in het laatste geval dient één knop voor het inroepen van medische hulp en de andere voor het melden van technische storingen. De paalkop is gemakkelijk afneembaar, hetgeen eventuele reparaties aanmerkelijk vereenvoudigt. De praatpaalkop bevat naast één of twee drukknoppen, luidsprekers en microfoon nog een apparatuurdoos, terwijl in de paalvoet de kabelaansluiting is aangebracht.

Het eigen karakter van elke paal, d.w.z. zijn eigen plaats in het systeem, wordt bepaald door twee in het paallichaam bevestigde stekers te weten een frequentiesteker (paalidentificatie — één uit 10 of 15) en een afstandssteker (aanpassing aan werkelijke kabelafstand tot de centrale post). Door de speciale vormgeving voldoet de praatpaal aan een groot aantal praktische wensen. Zo valt de paal goed op temidden van voornamelijk rechte objecten langs een weg (bomen, lichtmasten, etc.), en is het gebruik ervan niet alleen zefverklarend maar ook aangepast aan personen van verschillende lengten terwijl het verkeerslawaai maximaal wordt buitengesloten.

De telefoonkabels van de praatpalen naar de centrale zijn gewoonlijk in de zijbermen ingegraven. De voeding van de palen geschiedt via het fantoomcircuit van de beide aderparen, die voor de overdracht van spraak tussen praatpaal en centrale worden gebruikt. De centrale wordt gevoed vanuit een 24 V-batterij, waardoor het gehele systeem onafhankelijk is van de netspanning. Ter identificatie wordt voor elke praatpaal een aparte oproepfrequentie uit de spraakband gebruikt. Zowel de praatpalen als de centrale zijn daartoe met oscillatoren en signaalontvangers uitgerust. Zodra de alarmeringsknop op de praatpaal wordt ingedrukt zal de ingebouwde oscillator een signaal met de toegewezen frequentie genereren, dat door de bijbehorende signaalontvanger in de centrale post wordt gedetecteerd. Voor het aanwezige bedieningspersoneel is dit niet alleen hoorbaar

maar ook zichtbaar door een knipperend lampje in de toets op de meldtafel die bij de bewuste paal behoort.

De oproep kan worden beantwoord door het indrukken van deze toets, waardoor met behulp van de aangesloten oscillator een signaal van dezelfde frequentie naar de paal wordt teruggestuurd. Hierop zal de signaalontvanger in de oproepende paal reageren door het bekrachtigen van een relais, dat op zijn beurt de versterkers van de paal op de voeding uit het station aansluit, waarmede een duplexspraakverbinding tussen de paal en het station tot stand is gekomen. De verbinding kan alleen op de meldtafel verbroken worden door het indrukken van een beëindigingstoets. Een bestaande verbinding kan in een wachtstand worden geplaatst, bijv. voor het beantwoorden van een andere oproep in hetzelfde circuit, waarbij de verbinding tijdelijk verbroken wordt maar te allen tijde weer hersteld kan worden. Elke niet beëindigde toestand blijft gesignaleerd.



De goede werking van de verbinding kan evenals de paal zelf vanuit het station gecontroleerd worden. Hiertoe wordt de paal vanuit het station ingeschakeld waardoor de werking van oscillator en signaalontvanger aan beide zijden gecontroleerd is. Voor de controle van de goede werking van luidsprekers en microfoon wordt gebruik gemaakt van akoestische overloop tussen deze eenheden.

Hiertoe wordt met behulp van een toontoets op de meldtafel een controlesignaal naar de paal gezonden; indien beide onderdelen naar behoren werken is dit hoorbaar in de microtelefoon, die op de meldtafel is aangesloten.

❷ Telefoonkabel tussen Europa en Noord-Amerika

Tussen Groot-Brittannië en Canada is een nieuwe onderzeese telefoonkabel in gebruik genomen, die het aantal telefoonlijnen tussen Europa en Noord-Amerika meer dan verdubbelt. De kabel — „CANTAT-2" — is vervaardigd in Groot-Brittannië door Standard Telephones and Cables, een Engelse zustermaatschappij van de Nederlandsche Standard Electric Maatschappij, in opdracht van de Britse posterijen en Canadian Overseas Telecommunication Corporation.

De nieuwe kabel voorziet in 1.840 telefoonlijnen in beide richtingen; de zeven al eerder gelegde kabels voorzien in 1.555 telefoonlijnen tussen Europa en Noord-Amerika.

Voor het vervaardigen van de kabel voor het 2.800 zeemijlen lange traject werd 7.000 ton gegalvaniseerd staal, 6.000 ton polyethyleen en 600 ton koper gebruikt.

Op regelmatige afstanden zijn in totaal 504 speciale elektronische versterkers en effenaars in de kabel aangebracht, die zonder onderhoud meer dan 20 jaar lang hun werk op de oceaanbodem zullen moeten doen.

WEET U . . .

ZAK-HYGROMETER — dat een Engelse fabriek een hygrometer met een capacitief aftastelement ontwikkelde?

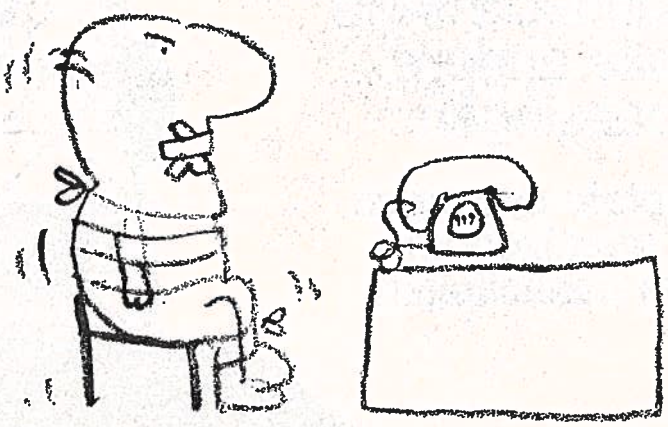
Het vocht van lucht, gassen, vloeistoffen, poeders of granulaten wordt door het poreuze diëlektricum van de sonde op basis van de capillaire werking geabsorbeerd.

De daardoor veroorzaakte wijzigingen van de capaciteit worden door een elektronische schakeling omgezet in spanningswaarden en door een draaispoelinstrument op een in „°C-dauwpunt" geijkte schaal aangegeven.

Het 11,4 × 5,7 × 3,2 cm grote, en circa 400 g. wegende, toestel wordt gevoed met droge batterijen en kan in substanties met temperaturen van –80 tot +150 °C vochtgehalten van 1 ppm tot aan het verzadigingspunt meten. De aanspreektijd is korter dan 1 s. Het toestel heeft een levensduur van 10 jaar en kan met behulp van een maximaal 100 m. lange coaxiale kabel worden aangesloten op het aftastelement.

Noot: Granulaten: zie granulatie (Fr.-Lat.) korreling, korrelige structuren; granuleren: b.v. een metaal in een korrelig poeder veranderen.

Er zijn
Kommunikatie
problemen...



..., die zèlfs wij niet kunnen oplossen

71 003 20

Nederlandsche Standard Electric Mij B.V.

ITT

Straalzender apparatuur

voor telefonie
radio/televisie
afstandsbediening
afstandsmeting
afstandscontrole
en alle andere
toepassingen.

Complete systemen
voor straalzenders
in alle capaciteiten.

GTE ATEA

Atea N.V., Groot Hertoginnelaan 8, 's Gravenhage
Telefoon (070) 656903*, Telex 31454